

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Tuotekehitys

Tutkintotyö

Tero Skinnari

KONENÄÖN SOVELTAMINEN PINTAVIILUN LEIKKAUKSESSA

Työn ohjaaja
Työn teettäjä

Tampere 2005

Lehtori Harri Laaksonen
UPM-Kymmene Wood Oy, Keuruun viilutehdas,
valvojana tuotantoinsinööri Markku Tamminen

TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena oli tutkia ja löytää UPM-Kymmene Wood Oy Keuruun viilutehtaalle viiluleikkurille sopivin konenäkö. Lähtökohtana valitulle kameralle oli kameran kyky pystyä tunnistamaan viilumatosta virheet ja reiät. Havaittuaan virheen konenäön tulee antaa käsky leikkurille, joka pystyisi säätämään uuden leikkauskohdan. Prosessin kehittämisen tavoitteena on parantaa viilumaton hyödyntämistä. Työssä käsitellään lisäksi viilun valmistusprosessin sekä konenäköjärjestelmän teoriaa.

Työssä vertailtiin 11:tä eri konenäkökameramallia. Kameroiden vertailussa sovellettiin painoarvotaulukkoa. Painoarvotaulukkoon pisteytettiin kehitettävän tuotteen ominaisuuksia ja niiden tärkeyttä. Eri kameramallien saamia kokonaispistemääriä voitiin hyödyntää kameroiden soveltuvuusvertailussa. Tässä työssä vertailtaviksi ominaisuuksiksi valittiin kameroiden mittaussnopeus, ohjelmamuisti, resoluutio, mittaussnopeus ja kuvaelementti. Kameran valintaan todettiin osittain vaikuttavan myös kameran kustannukset. Työ ei kuitenkaan sisältänyt erillistä kustannustarkastelua.

Työn tuloksena todettiin käyttökohteeseen parhaiten soveltuvan VISI 5000 -konenäkökamera. Kyseisen kameran resoluutio ja mittaussnopeus olivat huomattavasti muita paremmat. Muita käyttökohteeseen soveltuvia kameroita todettiin olevan Cohu 2700 -kamera, DVT 554 -kamera, Sony XCL -U1000-kamera sekä Impact DSL 8200 -kamera. Työssä kuitenkin todettiin, että kameravalmistajat voivat räätälöidä jonkin verran kameroita käyttökohteeseen soveltuvaksi.

TAMPERE POLYTECHNIC

Skinnari, Tero

Application of machine vision in veneer cutting.

Engineering Thesis

40 pages.

Thesis Supervisor

Lecturer Harri Laaksonen

Commissioning Company

UPM-Kymmene Wood Oy Keuruu veneer mill, manufacturing engineer Markku Tamminen

April 2005

Keywords

Machine Vision, Veneer

ABSTRACT

The aim of this thesis was to compare machine visions available on the market and to find the suitable system for UPM-Kymmene Wood Oy veneer mill in Keuruu. The selected machine vision must have the ability to recognize holes from the veneer. After the recognizing the system should be able to regulate the cutter in the place agreed. This thesis also discusses the theory about veneer production and machine vision systems.

In this thesis 11 different machine vision cameras have been compared. The comparison was based on the “needs and metrics matrix” method. The cameras have been given points based on the technical properties of the camera and the importance of the definite property. Evaluated points were used to assist when applicability comparing. Quality properties compared were resolution, frame rate, program memory, measurement area and image sensor. The study did not include the estimate of the costs which can also affect the decision.

Based on the observed results, it was concluded that the most suitable camera in the usage target is VISI-5000 vision camera. The resolution and the frame rate in this camera are better compared to others. Also Cohu 2700, DVT 554, Sony XCL-U1000 and Impact DSL 8200 were found to be feasible vision cameras in the target. It was also concluded that the manufacturers are usually able to modify the vision camera system based on the customer needs.

ALKUSANAT

Työ on tehty 3.1.2004–4.4.2005 välisenä aikana Tampereen ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan osaston insinöörityönä. Työn tilaajana ja rahoittajana on toiminut UPM-Kymmene Wood Oy, Keuruun viilutehdas.

Insinöörityön valvojana on toiminut lehtori Harri Laaksonen Tampereen ammattikorkeakoulun tuotekehitysosastolta sekä tilaajan yhteyshenkilönä tuotantoinsinööri Markku Tamminen UPM-Kymmene Wood Oy, Keuruun viilutehtaalta.

Tampereella 5.huhtikuuta 2005

Tero Skinnari

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|-----------|
| TIIVISTELMÄ | 2 |
| ABSTRACT | 3 |
| ALKUSANAT..... | 4 |
| SISÄLLYSLUETTELO | 5 |
| 1 JOHDANTO..... | 6 |
| 1.1 LÄHTÖKOHDAT | 6 |
| 1.2 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET | 6 |
| 2 UPM-KYMMENE WOOD OY..... | 8 |
| 3 VIILU JA SEN VALMISTUS | 9 |
| 3.1 VIILU | 9 |
| 3.2 VIILUN VALMISTUS | 10 |
| 3.2.1 Tukin haudonta ja kuorinta | 10 |
| 3.2.2 Sorvaus | 12 |
| 3.2.3 Viilun leikkaus | 13 |
| 4 YLEISTÄ KONENÄKÖJÄRJESTELMISTÄ..... | 15 |
| 5 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT | 17 |
| 5.1 KAMERA JA OPTIIKKA | 17 |
| 5.2 VALAISTUS | 18 |
| 5.2.1 Valonlähdetyypit..... | 18 |
| 5.2.2 Valaistuksen valinta..... | 19 |
| 5.3 KUVANKAAPPAUSKORTTI | 20 |
| 5.3.1 Väri- vai harmaasävykortti..... | 20 |
| 5.3.2 Digitoititarkkuus..... | 21 |
| 6 DIGITAALINEN KUVANKÄSITTELY | 22 |
| 6.1 SUODATUS | 22 |
| 6.2 SEGMENTOINTI | 23 |
| 6.3 PIIRTEIDEN IRROTUS, MITTAUS JA TULKINTA | 25 |
| 7 KONENÄKÖKAMERAT JA NIIDEN VERTAILU | 26 |
| 7.1 KONENÄKÖKAMERAT | 26 |
| 7.1.1 Omron..... | 26 |
| 7.1.2 Visi 5000..... | 27 |
| 7.1.3 Visi40..... | 28 |
| 7.1.4 COHU 1100 ja 2700..... | 29 |
| 7.1.5 Sony XCL-X700 ja XCL-U1000..... | 30 |
| 7.1.6 DVT | 31 |
| 7.1.7 Impact DSL 5000 ja DSL 8200..... | 32 |
| 7.2 KAMEROIDEN VERTAILU | 33 |
| 7.2.1 Painoarvotaulukko | 33 |
| 7.2.2 Kameroiden ominaisuuksien vertailu | 33 |
| 7.2.3 Herkkyyksianalyysi..... | 35 |
| 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET | 37 |
| 9 YHTEENVETO | 38 |
| LÄHTEET | 39 |

1 JOHDANTO

1.1 Lähtökohdat

Konenäkö on ihmisen näköaistia jäljittelevä koneellinen aisti, joka sopivassa valaistuksessa kameran avulla kerää kohteesta tarvittavia tuotteen parametreja, joista segmentoimalla etsitään halutut piirteet ja joita verrataan referenssikuvaan.

Vaikka olemmekin jo pitkään eläneet värikuvien maailmassa, on värikonenäkö vallannut varsin hitaasti jalansijaa. Käytössä olevista konenäköjärjestelmistä vain 10 % hyödyntää väri-informaatiota, tosin värinäön osuus on selvästi lisääntymässä. Värinäkö mittaa tarkasti tutkittavan kohteen väriä. Mustavalkoinen kuva riittää kuitenkin monissa sovelluksissa, kuten kappaleen koon mittauksessa ja sen paikan tai liikenopeuden määrittämisessä. /1/

Konenäköä on tutkittu ja tutkitaan edelleen hyvin runsaasti ja teollisuudessa konenäön käyttö tulee lisääntymään lähi vuosina huomattavasti. Konenäön käyttö teollisuudessa on ollut heikkoa, koska se ei ole saanut tarvittavaa julkisuutta ja vasta viime vuosina on huomattu, kuinka paljon se tuo mahdollisuuksia /12/. Konenäkökameroilla on mahdollista helpottaa ihmisten työtä esimerkiksi rutiininomaisissa laadunvalvontatöissä. Konenäkökamerat ovat lisäksi nykyään tarkkoja ja niiden avulla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä.

Tällä hetkellä UPM-Kymmene Keuruun viilutehtaalla viilumaton leikkaus suoritetaan pölykehämitan mukaisesti. Leikkaus tapahtuu osittain manuaalisesti ja osittain automaattisesti. Leikkauskohta asetetaan käsin ohjauksella siten, että leikkauskohta asettuu viilussa olevien virheiden tai reikien kohdalle. Leikkauksessa on todettu voivan hyödyntää konenäköä, jolla voitaisiin kehittää prosessia.

1.2 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Työn tavoitteena oli tutkia ja löytää UPM-Kymmene Wood Oy:n Keuruun viilutehtaalle viiluleikkurille sopivin konenäkö, joka pystyy näkemään viilumatosta virheet ja reiät. Havaittuaan virheen konenäkö antaa käskyn leikkurille, joka säätää

uuden leikkauskohdan, jotta viilumatosta saataisiin maksimaalinen hyöty. Lisäksi työssä käsitellään viilutehtaan prosessia sekä yleistä teoriaa konenäköjärjestelmistä ja sovelluksista.

2 UPM-KYMMENE WOOD OY

UPM valmistaa laajan valikoiman WISA-vanereita modernia tuotantoteknologiaa hyödyntäen. UPM:llä on lähes 100 vuoden vanerinvalmistuksen kokemus. Tällä kokemuksella perusvaneri muuttuu erikoistuotteiksi ja asennusvalmiiksi komponenteiksi, jotka vastaavat asiakkaiden tarpeita. /17/

Erinomaisten jatkojalostusmahdollisuuksien ansiosta UPM toimittaa WISA-vanereita muun muassa pinnoitettuina, määrämitoissa, maalattuina ja työstettyinä. Erilaiset pinnoitteet parantavat levyjen kulutuksen-, iskun-, kemikaalien- ja säänkestävyyttä. Kohokuvioinnit taas vaikuttavat levyjen kitkaominaisuuksiin. /17/

UPM valmistaa WISA-puutuotteita Suomessa, Ranskassa, Itävallassa, Virossa ja Venäjällä. Suomessa Keuruun viilutehtaalla valmistetaan kuviolleen leikattua koi-vuviilua, eli laineviilua ja lentokonevaneria. UPM:n tuotevalikoima on erittäin laaja. Suurin osa WISA-tuotteista on kehitetty tiettyyn käyttökohteeseen, vastaamaan mahdollisimman hyvin asiakkaiden tarpeita. /17/

UPM kehittää tuotteita yhdessä asiakkaiden kanssa. Yhteistyön ansiota ovat muun muassa tiettyihin käyttökohteisiin kehitetyt erikoisvanerit, kuten WISA-Form ja erittäin tekniset vanerit kuljetusteollisuuden tarpeisiin. Näiden käyttökohteiden lisäksi UPM:n vanereita käytetään yhä useammin tyylikkäissä ja nykyaikaisissa sisustuksissa, huonekaluissa ja design-tuotteissa. WISA-Craft-ohutviiluvanerit ja viilut on suunniteltu erityisesti huonekaluja ja monia muita kodin esineitä varten. /17/

3 VIILU JA SEN VALMISTUS

3.1 Viilu

SFS 2290:1970 standardissa viilu määritellään seuraavasti /22/:

”Viilu on enintään 7 mm paksu ohut puulevy, joka on valmistettu sorvaamalla, epäkeskeisesti sorvaamalla, leikkaamalla tai sahaamalla.”

Viilua voidaan käyttää sekä rakenteellisissa että koristeellisissa käyttökohteissa. Yleisiä käyttökohteita ovat muun muassa vanerin, rimalevyn, sälelevyn sekä parkeetin valmistus. Koristeellisessa tarkoituksessa viilua voidaan käyttää esimerkiksi koristeellisena pintamateriaalina taide-esineissä ja huonekaluissa. Viilulta vaadittavat ominaisuudet riippuvat paljon viilun käyttökohteesta. /10/

Viilun paksuus voi vaihdella 0,1 mm:n ja 7,0 mm:n välillä ja yhden kuivan viilukuutiometrin valmistukseen käytetään keskimäärin 2–5 m³ puuraaka-ainetta. Raaka-aineen kulutus riippuu raaka-aineena käytettävän puun ominaisuuksista. /10/

Raaka-aineena käytettävän puun tulisi olla mahdollisimman lujaa ja tiheydeltään sopivaa. Tiheys- ja lujuusominaisuudet vaikuttavat merkittävästi puun työstettävyyteen. Viilun valmistuksessa syntyvän hukan minimoimiseksi ja mahdollisimman suuren saannin takaamiseksi tukin tulisi lisäksi olla mahdollisimman suora ja läpimitaltaan suuri. Laadukkaan viilun saamiseksi tukissa tulisi myös olla mahdollisimman vähän oksia, värivikoja sekä halkeamia. Lisäksi tukin pitkäaikainen varastointi heikentää tukin ominaisuuksia aiheuttaen tukin kuivumista sekä hyönteis- ja sienivaurioita. /10/

3.2 Viilun valmistus

3.2.1 Tukin haudonta ja kuorinta

Viilun valmistuksen ensimmäinen vaihe on viilutukkien tai pölliin haudonta. Haudonnalla varmistetaan, että lopputuloksena saataisiin mahdollisimman tasainen ja vahva viilu. Haudonnan tarkoituksena on saavuttaa seuraavaa:

- puun sulatus talvella
- puun pehmennys
 - kuitujen leikkaus helpompaa
 - alhaisemman leikkuuvoiman tarve
 - sileämpipintainen viilu
 - vähäisempi leikkuuterän kuluminen
- puun puhdistus
- puun sisäisen kosteuden tasaaminen. /10/

Hyvälaatuisen viilun valmistamiseksi tulee tukkeja lämmittää. Korkeampi haudontalämpötila parantaa viilun laatua, mutta toisaalta korkea haudontalämpötila kasvattaa myös energiakustannuksia. Lämpötilaa valittaessa on tehtävä kompromissi laadun ja kustannusten välillä. Tutkimusten perusteella on todettu, että koivuviilun lujuus on parhaimmillaan haudottaessa tukkeja 70 °C lämpötilassa. Yleensä näin korkeaa lämpötilaa käytetään vain erikoisviilun valmistuksessa. Yleensä lämpötila vaihtelee 25–30 °C. /10/

Haudonnalla pyritään saavuttamaan sorvausta varten tarvittava riittävä kosteuspitoisuus. Sorvattaessa tukkien kosteus tulisi olla vähintään 30 %, mikä vastaa puunsyiden kyllästymispistettä. Yleensä puun kosteuspitoisuus vaihtelee 30 %:n ja 150 %:n välillä. Lämpötilan tavoin tukin kosteuspitoisuus vaikuttaa energian kulutukseen ja sen myötä viilun kuivauskustannuksiin. /10/

Tukkien haudonta voidaan suorittaa käyttäen suoraa höyryhaudontaa, epäsuoraa höyryhaudontaa tai lämminvesihaudontaa (kuva 3.1). Suora höyryhaudonta soveltuu erityisesti havupuiden käsittelyyn ja lämminvesihaudontaa lehtipuille. Epäsuoraa höyryhaudontaa voidaan käyttää sekä havu- että lehtipuiden käsittelyssä. Tuk-

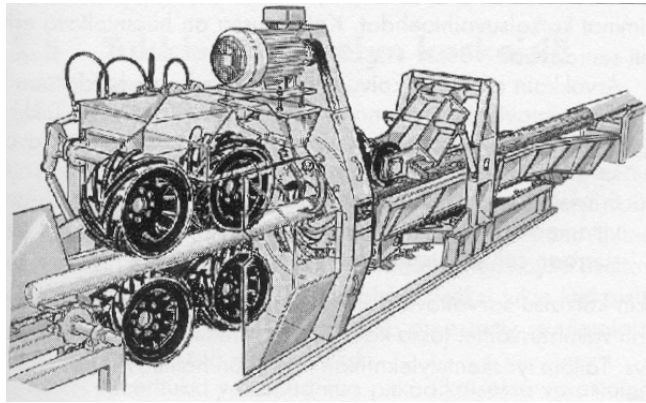
kien haudonta-ajat vaihtelevat muun muassa käytettävän haudontamenetelmän mukaisesti. Suomessa talviaikaan tavoitteellisena haudonta-aikana käytetään 24 tuntia. /10/



Kuva 3.1 Lämminvesihautomo

Haudonnan jälkeen tukit katkaistaan halutun mittaisesi. Katkaistavan tukin pituus määräytyy tarvittavan viilun pituuden tai vanerilevyn pituuden mukaisesti. Yleisimmät viilupituudet Suomessa ovat 100”, 60” ja 50”. Tukkien katkaisussa voidaan tukista poistaa halutut kohdat kuten suuret viat ja puun tyvilaajentuma. Katkaisuhukka on yleensä 3-5 % tukkien tilavuudesta. /10/. Tukkien katkaisu voidaan tehdä myös esimerkiksi ennen haudontavaihetta.

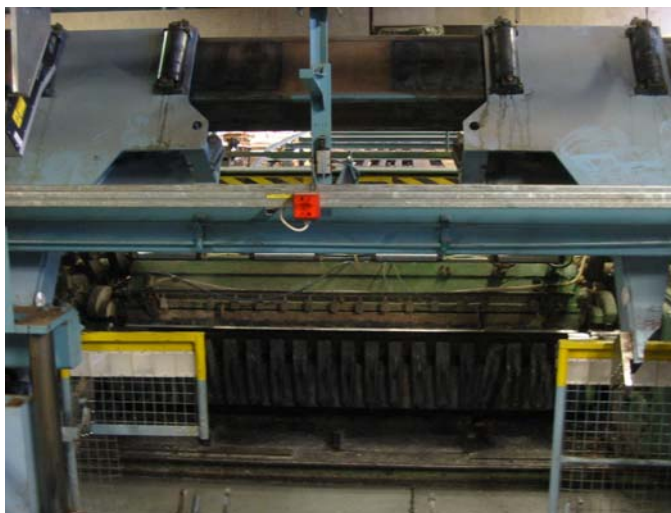
Sopivan mittaisiksi katkaistut tukit menevät kuorintaan. Kuorinnalla saadaan poistettua mahdolliset pöllin epäpuhtaudet kuten hiekka ja kivet, jonka seurauksena leikkausterät saadaan pysymään pitempään terävinä (kuva 3.2). Lisäksi kuorinnalla saadaan sorvin pyöristysaika lyhyemmäksi. Kuorinnan jälkeen pöllit menevät kuljetinta pitkin metallinpaljastimen läpi. Metallinpaljastimella todetaan, onko puussa ole metallia, joka voisi tylsyttää sorvin terän. /10/



Kuva 3.2 Roottorityyppinen tukkien kuorimakone /8/

3.2.2 Sorvaus

Metallinpaljastimen jälkeen tukit tulevat sorville, jossa pöllit ensin keskitetään. Keskityksen periaatteena on löytää jokaiselle pöllille optimi pyörintäakseli, jotta pölleistä saadaan paras mahdollinen viilusaanto. Pöllit tulee lisäksi pyrkiä siirtämään sorville siten, että lähes jatkuva sorvaus on mahdollista. Pöllin keskityksessä käytettäviä menetelmiä ovat muun muassa kolmipistekeskitys sekä geometrinen mikroprosessoriohjattu keskitys. Geometrinen mikroprosessoriohjatussa keskityksessä viilun saanto on korkea tarkasta mittausmenetelmästä ja pöllin pyörähdysakselin laskennasta johtuen (kuva 3.3).



Kuva 3.3 Pöllin keskityslaite (sininen)

Ennen varsinaista sorvausta pöllit pyöristetään lähelle sylinterimuotoa. Pöllin on oltava täysin pyöristetty, ennen kuin pöllistä saadaan täysimittaista viilua. Sorvauksessa pöllä pyöritetään teräpalkkiin kiinnitettyä terää vasten. Teräpalkki siirtyy

puuta kohden nopeudella, joka vastaa viilun paksuuden määrää jokaista karakierrosta kohti. Sorvauksen lopputuloksena syntyy ohut viilumatto, jolla on haluttu tasainen paksuus, pituus ja leveys. (Kuva 3.4.)



Kuva 3.4 Pöllisorvi

3.2.3 Viilun leikkaus

Viilukuivaajalinjan leikkuri

Sorvauksen jälkeen viilumatto kulkee kuljettimia pitkin viilukuivaajalinjan leikkurille, jossa viilumatto leikataan pöllichehämitan pituisiksi palasiksi. Rikkonaista viilua, joka tulee pyöristys vaiheessa olevasta pöllistä, leikataan käsinleikkauksella. Kun pölly on pyöristetty, leikkuri asetetaan kuvioleikkaukselle, jolloin leikkuri alkaa leikata viilun sivussa olevan reikä-tunnisteen mukaan viilua pöllichehämitan mukaiseksi. Reikä on jo tehty sorvissa poraamalla pöllin reunaan reikä. /18/



Kuva 3.5 Viiluleikkuri

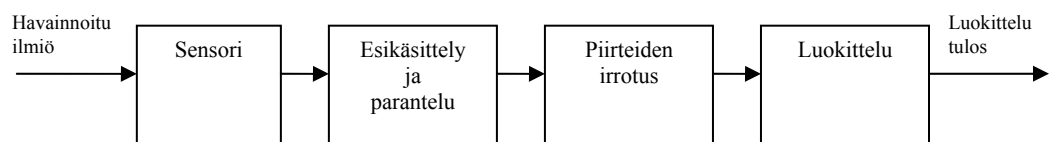
Muotoleikkuri

Viilukuivaajalinjan leikkurilta tulevat viilulevyt niputetaan ja siirretään muotoleikkurille. Muotoleikkurilla viilulevyt leikataan tilattujen mittojen mukaisiksi. Leikkauksen jälkeen muotoon leikatut viilulevyt niputetaan ja pakataan varastoimista ja kuljetusta varten.

4 YLEISTÄ KONENÄKÖJÄRJESTELMISTÄ

Konenäköjärjestelmien tarkoituksena on löytää kappaleista oleelliset piirteet, jotka voidaan tulkita automaattisesti. Konenäköjärjestelmä voi esimerkiksi erotella osia kokoomalinjalla ja listata niiden ominaisuudet, kuten koon ja reikien lukumäärän. Konenäköjärjestelmä voi pelkän kuvan muodostamisen ja esityksen lisäksi myös analysoida kuvaa, ymmärtää kuvan merkitystä.

Konenäköjärjestelmä voidaan kuvata yleisesti kuvan 4.1 mukaisesti. Konenäköjärjestelmässä ensimmäisenä on sensori eli kamera, joka muodostaa kuvauksen havainnoitavasta ilmiöstä. Tarpeellisen tiedon esille saamiseksi kuvaa täytyy seuravaksi esikäsitellä. Esikäsitellylle kuvalle tehdään piirteiden irrotus oleellisen tiedon kuten tiettyjen hahmojen, värien tai kuvan kirkkauden irrottamiseksi. Lopulta irrotetut piirteet annetaan luokittimelle, joka osaa niiden perusteella tehdä luokittelun kuvalle ja tulostaa luokittelutuloksen. Luokittelutuloksen perusteella voidaan esimerkiksi suorittaa teollisuusprosessin ohjausta. /7/



Kuva 4.1 Tyypillisen konenäköjärjestelmän rakenne /7/

Konenäköä on sovellettu hyvin erityyppisissä kohteissa. Esimerkkejä käyttökohteista ovat tieliikenteen ohjaus, erilaiset turvallisuusalan käyttökohteet, sormenjälkien tunnistuksessa oikeustieteessä sekä erilaiset teollisuuden käyttökohteet. Konenäön sovellukset perustuvat laitteiston kykyyn muun muassa mitata, tunnistaa, paikantaa, lajitella ja luokitella kohdetta. Ensimmäiset konenäön sovellukset Suomessa toteutettiin 1970-luvun alussa sahateollisuudessa, kun tukkimittareilla mitattiin läpikulkevien tukkien halkaisijoita, minkä avulla ne esilajiteltiin sahausta varten. /1/

Yleisin konenäön sovellusalue on laadunvalvonta, jossa konenäkö tarkkailee tehtäviä tuotteita ja vertaa niitä laadullisesti hyväksytyihin tuotteisiin. Laadunvalvon-

nasta sovelluksia on kehitetty edelleen kohti koko tuotantolinjan laadunhallintaa niin, että linjan eri vaiheissa tarkastellaan tuotteen laatua ja saadun tiedon perusteella säädetään itse prosessia siten, että lopputuotteen laatu pystytään säilyttämään halutulla tasolla. /1./ Taulukossa 4.1 on kuvattu yleisiä konenäkösovelluksia. Taulukossa on lisäksi lueteltu, minkälaisen ongelmatyypin ratkaisuun konenäköä on sovellettu.

Taulukko 4.1 Konenäkösovellutuksia /7/

| Sovelluksia | Ongelmat |
|---|------------------------------------|
| Postin lajittelu, leimojen lukeminen, supermarketin tuotteitten hinnoittelu, pankin laskujen käsittely, tekstin lukeminen | Kirjainten tunnistaminen |
| Kasvaimen tunnistaminen, sisäelinten koon ja muodon mittaaminen, kromosomianalyysi, verisolujen määrän laskeminen | Lääketieteellisten kuvien analyysi |
| Osien tunnistaminen kokoomalinjalla, vika- ja virhetunnistus | Tehdasautomaatio |
| Kuvassa olevien kohteitten tunnistaminen ja tulkitseminen, liike ja toiminta visuaalisen tiedon avulla | Robotiikka |
| Karttojen tekeminen valokuvista, sääkarttojen luominen | Kartanpiirustus |
| Sormenjälkien tunnistus ja analyysi automaattisissa turvajärjestelmissä | Oikeustieteellinen |
| Kohteen havainnointi ja tunnistus, helikoptereiden ja lentokoneiden opastaminen laskeutumisissa, kauko-ohjattavien ajoneuvojen opastus, kauko-ohjattavien ohjusten ja satelliittien opastus visuaalisten vihjeiden avulla | Tutkakuvat |
| Spektrikuvien analyysi, sääennustus, urbaanien-, agrikulttuurallisten- ja vesialueiden luokittelu ja monitorointi satelliittikuvista | Etävalvonta |

5 KONENÄKÖJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

Kaikissa konenäköjärjestelmissä käytetään kuvan muodostamiseen kameraa. Käytettäviä kameratyyppejä on monia. Markkinoilla olevia eri kameramerkkejä ja niiden ominaisuuksia tarkastellaan lähemmin luvussa 7. Optiikalla ohjataan kuvasta kohteesta heijastuva valo kuvasensorille. Valaistuksen tarkoituksena on puolestaan aikaansaada kuvanmuodostukselle sopivat valaistusolosuhteet.

5.1 Kamera ja optiikka

Kamera

Konenäkösovellutuksissa käytetyt kamerat ovat kehittyneet voimakkaasti viime vuosina. Digitaalisten valokuvaus- ja videokameroiden tavoin myös konenäön kameroiden kuvaustarkkuus eli resoluutio on usein megapikselien luokkaa /15/. Pikseleiden määrä vaikuttaa suoraan kuvan tarkkuuteen. Mitä enemmän kuvapisteitä kuvassa on, sitä pienempiä yksityiskohtia siitä voidaan erottaa ja sitä tarkempia mittauksia kuvasta voidaan tehdä. Kuvanottotaajuus on tehokkaan ohjauselektroonikan ansiosta noussut jopa tuhansiin kuviin sekunnissa. Suurilla kuvataajuuksilla ja hyvällä erotuskyvyllä varustetuilla kameroilla voidaan kuvata tarkasti nopeasti liikkuvia kappaleita ja analysoida niiden ominaisuuksia. /1/

Konenäköjärjestelmissä käytettäviä kameratyyppejä ovat CCD ja CMOS. Näistä yleisimmin käytettävä kamera on CCD-kamera (Charged Coupled Device). Kamerat voivat olla joko matriisi- tai viivantyyppisiä. /1/

Optiikka

Optiikan eri komponenteiksi voidaan laskea kuuluvaksi prismat, suodattimet, pinnoitteet, himmentimet, aukot, linssit ja peilit. Tärkeimpänä komponenttina voidaan pitää linssiä, jonka valinta vaikuttaa resoluutioon, kuvan kokoon sekä kameran etäisyyteen kuvattavasta kohteesta. Linssillä voidaan säätää myös kuvan terävyyttä ja CCD-kennolle menevää valon määrää. Yleisesti käytössä olevia linssityyppejä

ovat CCTV-linssit, suurentavat linssit, telecentriset linssit, 35 mm valokuvauslinssit, mikroskopialinssit sekä zoom-linssit.

Yleisimmin konenäköjärjestelmissä käytössä oleva linssityyppi on CCTV-linssi. Kyseisen linssityypin piirtokyky ei kuitenkaan ole paras mahdollinen. Myöskään kuvakentän lineaarisuus ei näillä linseillä ole hyvä. CCTV-linssiä käytetään pääasiassa sovelluksissa, joissa tunnistetaan kappaleita ja tarkastellaan läsnäoloa.

CCTV-linssiin verrattuna 35 mm valokuvauslinssin piirtokyky on huomattavasti parempi. 35 mm linssi soveltuukin tarkkoihin tarkastus- ja paikoitustehtäviin. Suurentavilla ja erityisesti mikroskopialinsseillä saadaan hyvä resoluutio. Suurentavat linssit soveltuvatkin pienten kohteiden mittaamiseen ja mikroskopialinssejä käytetään erikoistarkkuutta vaativissa kohteissa. Telecentrisillä linseillä saadaan kuvattua vakioperspektiivi koko kuvan alalta, joten linssityyppiä voidaan käyttää kohteissa, joissa kohteen etäisyys linssiin nähden vaihtelee. /9/

5.2 Valaistus

5.2.1 Valonlähdetypit

Loistelamput

Loistelampun toiminta perustuu pienipaineisessa elohopeassa tapahtuvaan sähköpurkaukseen. Lampun valontuottokyky riippuu loisteaineiden tehokkuudesta muuttaa elohopean UV-säteily näkyväksi valoksi. Loisteaineet ja valon väriominaisuudet vaikuttavat eri lamppujen valotehoihin.

Loistevalaisimet soveltuvat hyvin konenäköjärjestelmien valaisimiksi. Valaisimia on monia eri malleja ja niitä voidaan muotoilla käyttötarkoitusten mukaisesti. Loistevalaisimia käytetään yleensä tasaisen hajaheijastavan valon tuottamiseen. /9/

Hehkulamput

Hehkulamput jaotellaan vakiohehku- ja halogeenihehkulamppuihin. Hehkulampun valontuotto perustuu hehkulangan kuumentamiseen korkeaan lämpötilaan siten, että lanka alkaa säteillä valoa. Yleensä hehkulamppujen käyttöä konenäkösovelluksissa rajoittaa niiden huono hyötysuhde. Muina haittatekijöinä voidaan pitää myös valontuoton vaihtelua jännitteen mukana ja lampun tummumista ajan myötä. /9/

Halogeenilamput

Hehkulamppuihin verrattuna halogeenilamppujen valotehokkuus on noin 50 % suurempi. Halogeenilamppuihin ei kerry volframia vakiohehkulamppujen tapaan, kuvun sisällä vallitsevan korkean paineen vuoksi. Tämän seurauksena valaisimen kupu ei tummu ja valo on stabiilimpi. Hehkulamppuihin verrattuna halogeenilamppujen elinikä on yleensä myös pidempi.

Halogeenilamput soveltuvat konenäkösovelluksiin vakiohehkulamppuja paremmin. Halogeenilamppuja voidaan käyttää suoraan valaistukseen tai kohteeseen, jossa valo ohjataan kuituoptiikan avulla haluttuun kohteeseen. Halogeenivalot ovat käyttökelpoisia sovelluksissa, missä tarvitaan suuria valomääriä. /9/

Laserdiodit

Laserdiodeilla on pieni valoteho, joten ne eivät sovellu laajojen pintojen valaisuun. Laserdiodit ovat mekaanisesti kestäviä ja niiden elinikä on pitkä. /9/

5.2.2 Valaistuksen valinta

Konenäköjärjestelmän valaistusta suunniteltaessa tulee ensi valita sopiva valonlähde. Sopivaa valonlähdettä valittaessa on hyvä huomioida valaisimen aiheuttama lämpösäteily, kustannukset, valonlähteen spektri, kesto ja valon stabiilisuus ajan kuluessa. Valonlähteen tulisi kestää pitkään, valolla tulisi olla tasainen intensiteetti ja valon laatu tulisi pysyä tasaisena koko käyttöiän. Lisäksi erityisesti teollisessa ympäristössä valonlähteen tulisi kestää ympäristön sille aiheuttamat rasitukset, kuten tärinä ja lika.

Valaismenetelmää suunniteltaessa tulee selvittää, miltä kappale näyttää eri valaistuksessa ja miten halutut piirteet saadaan parhaiten esille. Valinnassa tulee huomioida muun muassa tarvittavan intensiteetin määrä ja se, miten tasainen valaistuksen tulee olla, tarvitaanko varjoja tai polarisoitua valoa ja mitkä ovat valon spektrille asetetut vaatimukset. Valaistusvaihtoehtojen valintaa rajoittavat muun muassa kohteen peilimäinen pinta, kaareva pinta, epäsäännöllinen pinta, läpinäkyvyys, monivärisyys, epämääräiset reunat ja rajapinnat.

Kuvattavan kohteen ominaisuudet vaikuttavat sopivan valaistuksen valintaan. Esimerkiksi liikkuvaa kappaletta voidaan kuvata pulssitetulla valolla. Pulssin pituus mitoitetaan niin, että liikkuvasta kappaleesta saadaan terävä kuva. Liikkuvaa kappaletta voidaan kuvata myös rajoittamalla kameran integrointiaikaa. /9/

5.3 Kuvankaappauskortti

5.3.1 Väri- vai harmaasävykortti

Kuvankaappauskortit voidaan jakaa väri- ja harmaasävykortteihin. Värikortteja käytetään yleisesti multimediajärjestelmissä, mutta ne soveltuvat myös käytettäväksi teollisuuskohteissa, jossa kuvattavan kohteen piirteet halutaan saada värien avulla esille. Värikorttien haittapuolina voidaan pitää suurta siirrettävän tiedon määrää ja pitkää kuvan prosessointiaikaa. Harmaasävykorttien yleisiä käyttökohteita ovat puolestaan tarkkoja mittauksia vaativat teolliset ja tieteelliset järjestelmät. /13/



Kuva 5.1 Kuvankaappauskortti /15/

5.3.2 Digitointitarkkuus

Kuvankaappauskortin tarkoituksena on muuttaa kameran tuottama analoginen signaali digitaaliseksi kuvainformaatioksi. Kuva digitoidaan diskreeteiksi kuvaelementeiksi eli pikseleiksi. Kuvankaappauskortilla voidaan interpoloida kuvan mitaustarkkuudeksi jopa 1/10 pikseliä. /13/

Kappaleen reuna voidaan havaita kirkkauserona kappaleen ja taustan välillä. Pikselit interpoloivat reunan jollekin alueelle. Pienet virheet reunapikselin asemassa aiheuttavat virheitä tässä menetelmässä. Tätä pikselien paikan vaihtelua kutsutaan värinäksi. /13/

Analogista signaalia digitaaliseksi muutettaessa syntyy aina järjestelmän aiheuttamaa kohinaa, jota kuvankaappausjärjestelmissä kutsutaan harmaasävykohinaksi. Pääasiassa kuvankaappauskorttien komponenttien aiheuttaman kohinan vuoksi samoissa olosuhteissa otetusta kuvasta ei saadakaan samoja harmaasävyarvoja. Normaalisti kohina on 0 - 0,7 harmaasävyarvoa. Kohina aiheuttaa erityisesti ongelmia kuvissa, joissa kontrastierot kappaleiden ja taustan välillä ovat pieniä. /13/

6 DIGITAALINEN KUVANKÄSITTELY

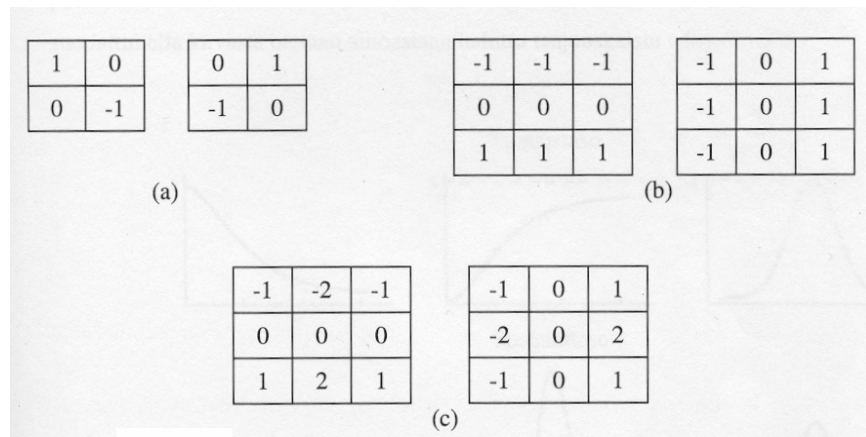
Konenäköjärjestelmissä käytetyn digitaalisen kuvankäsittelyn tarkoituksena on muokata kuvaa siten, että sitä voidaan analysoida halutulla tavalla. Kuvan analysoinnilla puolestaan saadaan järjestelmän ohjausta varten tarvittavaa tietoa kuten esimerkiksi kappaleiden lukumäärä tai niiden sijainti kuvassa.

Esikäsittelyllä ehostetaan kuvaa siten, että siitä saadaan segmentointia ja piirteiden irrotusta varten hyvä kuva. Esikäsittelyllä poistetaan muun muassa häiriötä sekä kuvan tulkinnan kannalta tarpeetonta tietoa. Toisaalta esikäsittelyllä voidaan myös korostaa kuvasta haluttuja piirteitä. Segmentoinnilla pyritään saamaan kuvasta esille haluttuja ja kiinnostavia kohtia erottamalla hahmot taustasta ja toisistaan. Segmentoinnin jälkeen kiinnostuksen kohteena olevasta hahmosta irrotetaan halutut piirteet, josta tehdään tarvittavat mittaukset ja päätelmät. Lopuksi ohjaustieto lähetetään järjestelmälle.

6.1 Suodatus

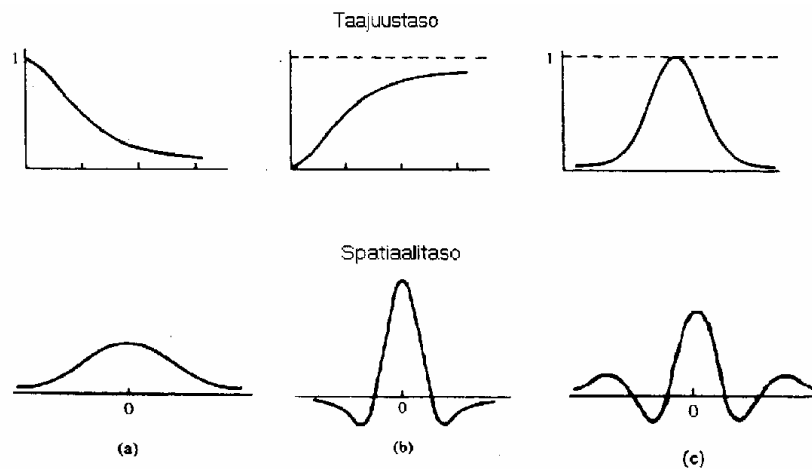
Suodatuksen tarkoituksena on poistaa häiriöitä kuvasta tai korostaa haluttuja piirteitä. Kuvan suodatus joudutaan toistamaan useita kertoja, mikäli käsiteltävä kuva on pahasti häiriöinen. Mahdollisia poistettavia häiriöitä ovat esimerkiksi kohina ja liikkeen aiheuttamat vääristymät. Kuvanmuodostuksessa tulisi pyrkiä niin hyvään kuvaan, ettei sitä tarvitsisi enää suodattaa. Suodatuksessa menetetään aina kuvainformaatiota. /5/

Yleisimmin häiriönpoistossa käytettyjä suodattimia ovat keskiarvo- ja mediaanisuodattimet. Suodatuksessa kuvan yli ajetaan sopivalla maskilla. Käytännössä pikselille lasketaan maskin alueella olevien pikselien keskiarvo tai mediaani ja laskusta saatu arvo sijoitetaan pikselille uudeksi arvoksi. Keskiarvo- ja mediaanisuodatuksen käytettyjä maskeja on monen kokoisia, kokojen vaihdellessa 2 x 2-maskista jopa 64 x 64-maskiin. Yleisimmin käytetään 3 x 3-maskeja. Kuvassa 6.1 on esitetty yleisesti käytettyjä reunanetsintämaskeja. /5/



Kuva 6.1 Reunanetsintämaskeja (a) Roberts, (b) Prewitt ja (c) Sobel /2/

Kuvalle voidaan tehdä myös erilaisia alipäästö-, ylipäästö- tai kaistanpäästösuodatuksia. Alipäästösuodattimella poistetaan kuvasta korkeat taajuudet, jolloin kuvasta poistuu kohinaa, mutta samalla myös kuvan reunat loivenevat. Ylipäästösuodattimella kuvasta poistetaan matalat taajuudet, jolloin kuva saadaan terävämmäksi. Kaistanpäästösuodattimella suodatetaan kuvaa siten, että kuvasta otetaan ainoastaan haluttu taajuuskaista näkyviin. /5/



Kuva 6.2 (a) Alipäästö-, (b) ylipäästö- ja (c) kaistanpäästösuodatin /13/

6.2 Segmentointi

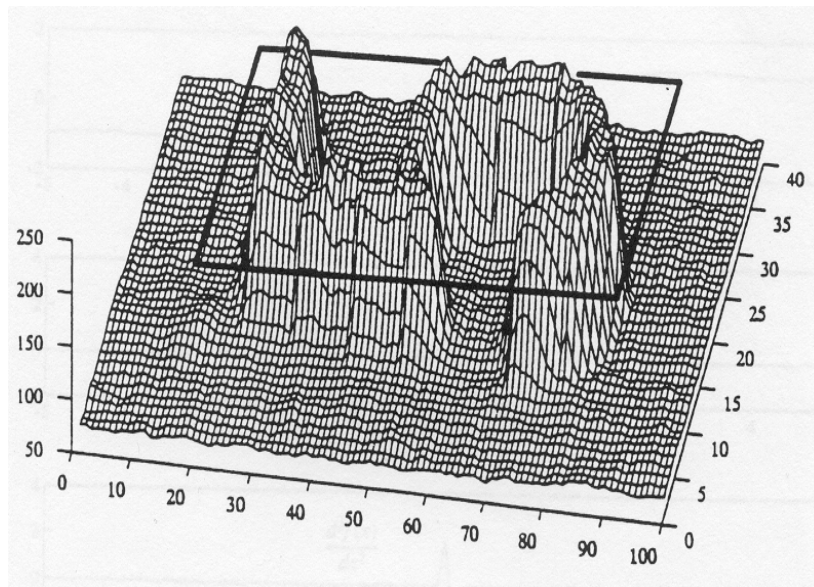
Segmentoinnin tarkoituksena on saada kuvasta esille haluttuja ja kiinnostavia kohtia siten, että kaikki halutut kohdat saadaan erotettua taustasta ja toisistaan. Segmentointia voidaan tehdä etsimällä gradientin muutoskohtia, kynnystämällä tai erotuskuvien avulla. /12,13/

Gradientin muutos

Gradientin muutoksessa kuvasta etsitään kohtia, joissa tapahtuu muutos gradientin kulmakertoimessa. Esimerkkinä tällaisista kohdista ovat hahmojen reunat. Reunojen etsintä suoritetaan kaksiulotteisella derivaattaoperaattorilla eli gradientilla. Gradientin muutoskohtaa etsitään yleensä käyttämällä esimerkiksi Roberts-, Prewitt-, Sobel- tai Laplace-reunanetsintämaskia (Kuva 6.1.) /5./

Kynnystys

Kynnistyksellä asetetaan sopiva raja-arvo kuvan harmaatasoille. Valittujen raja-arvojen mukaan kuvasta leikataan alue. Kuvan leikkauksen tuloksena saadaan binaarikuva, jossa näkyy vain halutut piirteet. Kynnistyksessä vaikeinta on löytää oikea kynnysarvo. Kynnistystä voidaan helpottaa valaistuksen avulla. Kynnystysarvo joudutaan määrittämään uudestaan valaistusolosuhteiden muuttuessa ajan myötä. (Kuva 6.3.) /5./



Kuva 6.3 Kuvan kynnystys /5/

Erotuskuva

Erotuskuvalla segmentoinnissa kiinnostuksen kohteena olevasta kuvasta vähennetään sellainen kuva, joka sisältää tarpeetonta informaatiota (tarpeettomat hahmot). Vähennys tehdään kuvan kaikille pikseleille ja tuloksena saadaan kuva, joka sisäl-

tää ainoastaan kiinnostuksen kohteena olevan hahmon. Erotuskuvan avulla voidaan myös arvioida kuva-alalla tapahtuvaa liikettä. /5/

6.3 Piirteiden irrotus, mittaus ja tulkinta

Segmentoinnin jälkeen kiinnostuksen kohteena olevasta hahmosta irrotetaan halutut piirteet. Hahmosta irrotetaan piirteet, kuten esimerkiksi pituus, leveys, momentti, pinta-ala, ovat niitä, joista tehdään mittauksia ja päätelmiä. Mittaukset voidaan tehdä esimerkiksi laskemalla, kuinka monta pikseliä segmentoitu alue sisältää, jolloin saadaan alueen pinta-ala. Kun tiedetään segmentoidun alueen sisältämien pikselien määrä sekä niiden resoluutio, voidaan pikseliarvot muuttaa SI-yksiköihin kuten millimetreihin. Tällä periaatteella voidaan mitata myös hahmojen pituuksia ja leveyksiä. /13/

Hahmontunnistuksen tarkoituksena on tunnistaa ja luokitella kuvasta segmentoidut hahmot. Kaikissa tapauksissa kuvan tunnistus ei kuitenkaan aina tarvitse segmentointia. Hahmontunnistuksen onnistumiselle on tärkeää hyvin valitut piirteet. Eri hahmojen piirteiden tulee poiketa toisistaan niin, ettei tunnistuksessa tule virheitä ja vääriä tulkintoja. Piirteiden määrän kasvaessa kasvaa aina myös järjestelmän kompleksisuus ja kohteen tunnistuksen luotettavuus kärsii. Tämän vuoksi on aina parempi, mitä vähemmän piirteitä tarvitaan. /13/

7 KONENÄKÖKAMERAT JA NIIDEN VERTAILU

Konenäkökameroiden tarkastelu perustuu työn tavoitteeseen löytää UPM-Kymmene, Wood Oy, Keuruun viilutehtaalle viiluleikkurille sopivin konenäkö (Kuva 7.1). Konenäön tulee pystyä tunnistamaan viilumatosta virheet ja reiät, jonka mukaan leikkurin tulee säätää uusi leikkauskohta. Tarkastelusta on jätetty pois värikamerat syynä on värillisten konenäkökameroiden kustannustekijät. Kameroista saatavat tiedot perustuvat laitevalmistajien puhelinhaastatteluihin sekä eri kameramallien tuote-esitteisiin.



Kuva 7.1 Konenäkökameran sijoituspaikka

7.1 Konenäkökamerat

7.1.1 Omron

Omron F150-SLC20 ja -A20 -kameroiden hyvänä ominaisuutena voidaan pitää suurta resoluutiota. Nämä kamerat on suunniteltu erityisesti nopeille linjastoille ja niiden nopeus on mahdollista valita tuotantolinjan nopeuden ja kohteen ominaisuuksien mukaan. Omron F150-SLC20 ja -A20 -kameroissa on myös erittäin korkeatasoinen harmaasävyetsintä. Lisäksi F150-A20:ssä kohteen kuvaus on toteutettu kahdella kameralla, joita voidaan käyttää erikseen tai yhdessä. (Kuva 7.2) /11/



Kuva 7.2 Omron F150 –konenäkökamera /11/

Taulukkoon 7.1 on koottu Omron F150-SLC20 ja -A20 -kameroiden tärkeimmät tekniset ominaisuudet.

Taulukko 7.1 Omron F150-SLC20 ja -A20 -kameroiden ominaisuuksia. /11/

| Ominaisuus | Yksikkö |
|---------------|---|
| Resoluutio | 659 x 494 pikseliä |
| Mittausnopeus | 16 kehystä/s |
| Valotusaika | 1/100, 1/500, 1/2,000, tai 1/10,000 s |
| Kuvaelementti | 1/3” CCD |
| Liittynät | 11 analogituloa 0...10 V DC 21 analogilähtöä 4...20 mA |
| Syöttöjännite | 20.4–26.4 V DC |

7.1.2 Visi 5000

VISI 5000 on täysin digitaalinen viivakamera teollisuuden mittauksia ja laadunvalvontasovelluksia varten (Kuva 7.3).



Kuva 7.3 Visi 5000 –konenäkökamera /19/

VISI 5000:n kokonaisuuteen kuuluu muun muassa digitaalinen signaalin käsittely, viimeisin muistitekniikka, kuvainformaation sisäinen esikäsittely ja pitkälle kehitetyt viritys- ja testausohjelmat. VISI 5000 -kameraa pystytään soveltamaan muun muassa kohteen läsnäolon havaitsemiseen, reunojen paikan ja keskeisyyden mitta-

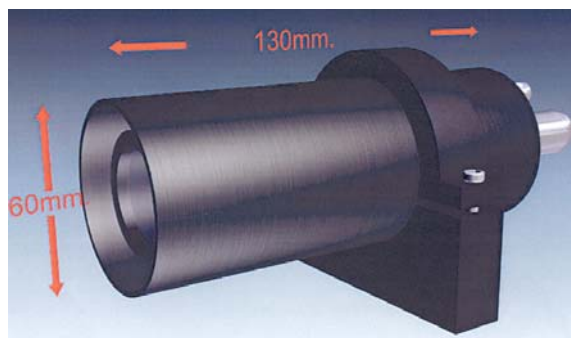
ukseen, leveyden ja muodon mittaukseen sekä kappaleen paikan ja asennon mittaukseen. /19./ Taulukossa 7.2 on koottuna VISI 5000- konenäkökameran ominaisuuksia.

Taulukko 7.2 VISI 5000- kameran ominaisuuksia /19/

| Ominaisuus | Yksikkö |
|---------------|--|
| Mittausnopeus | Maksimi 2850 juovaa/s |
| A/D-muunnos | 8 bittiä |
| Kuvaelementti | CCD 5150 pikseliä Pikselikoko 7 x 7 µm Valotusaika 0,4...1000ms |
| Liittynät | 2 x videotulo 4 analogituloa 4...20 mA 4 analogilähtöä 4...20 mA 8 digitaalituloa, optoerotettua 8 digitaalilähtöä, optorele 2 0...1 V DC videolähtöä |
| Kuvamuisti | SDRAM 128/265 Mb |
| Ohjelmamuisti | FLASH 16 bittiä RAM 256 bittiä |
| Syöttöjännite | 24 V DC |

7.1.3 Visi40

VISI40-matriisikamera soveltuu hyvin käytettäväksi automatisoituihin miehittämättömiin yksiköihin. Tyypillisiä käyttökohteita ovat muun muassa reunojen ja keskiviivan mittaus, paikka- ja leveysmittaus sekä virheiden etsintä ja laadun valvonta. VISI40-kamera soveltuu käytettäväksi kohteissa, joissa on käytössä taustatai pintavalaistus. (Kuva 7.4.) /20./



Kuva 7.4 Visi 40 –konenäkökamera /20/

Taulukossa 7.3 on esitetty VISI 40-kameran tekniset ominaisuudet.

Taulukko 7.3 Visi40-matriisikameran ominaisuuksia /20/

| Ominaisuus | Yksikkö |
|---------------|---|
| Mittausnopeus | Maksimi 1000 juovaa/s |
| Resoluutio | 640x480 pikseliä |
| Mittausalue | 20-2000mm |
| Tarkkuus | < 0,1 pikseliä |
| Syöttöjännite | 24 V DC 1A |
| Liittynät | Analogitulo 0...10 V DC tai 4...20mA Analogilähtö 0...10 V DC tai 4...20 mA 2 digitaalituloa 24 V DC 100mA 4 digitaalilähtöä 24 V DC 400mA 2 0...1 V DC videolähtöä |
| Lukunopeus | Maksimi 115kbit/s |

7.1.4 COHU 1100 ja 2700

COHU 1100 ja 2700 -sarjan kamerat sisältävät viimeisimmän CCD-kennoteknologian. 1100-sarjan kameroissa voidaan erottaa sensori kameran kotelosta, joka mahdollistaa sensorin kulman monipuoliset säätömahdollisuudet. (Kuva 7.5.)



Kuva 7.5 Cohu 1100 (ylhällä) ja 2700 –konenäkökamerat /3/

1100-sarjan kamerat soveltuvat erinomaisesti käytettäväksi kuvankäsittelyssä, konenäköä ja se on mahdollista sijoittaa ahtaisiin paikkoihin. 2700-sarja on 1100-sarjaa hieman pienempi. 2007-sarjan kamera voidaan pienuuden ja yhden yhdistyskaapelin ansiosta asentaa melkein mihin tahansa. /3./ COHU 1100- ja 2700-sarjan kameroiden tekniset ominaisuudet on koottu taulukkoon 7.4.

Taulukko 7.4 COHU 1100- ja 2700- sarjan kameroiden ominaisuuksia /3/.

| 1100-sarja | | 2700-sarja | |
|---------------|------------------------------------|---------------|------------------------------------|
| Ominaisuus | Yksikkö | Ominaisuus | Yksikkö |
| Resoluutio | 768x494 pikseliä | Resoluutio | 2048x2048 pikseliä |
| Valotusaika | 1/60..1/10000 s | Valotusaika | 1/60...1/100000 s |
| Kuvaelementti | ½” CCD Pikselikoko 8,4 x 9,9 µm | Kuvaelementti | ½” CCD Pikselikoko 8,4 x 9,8 µm |
| Herkkyys | 0,65 lux | Herkkyys | 0,42 lux |

7.1.5 Sony XCL-X700 ja XCL-U1000

Sonyn konenäkökameroista tarkastellaan XCL-X700- sekä XCL-U1000- malleja. (Kuva 7.6.)



Kuva 7.6 Sony XCL –konenäkökamera /14/

XCL-U1000-kamerassa on suuri pikselimäärä, jonka ansiosta kyseinen kamera pystyy lukemaan kuvankehysiä erinomaisesti. XCL-U1000-kamerassa on myös graafinen ulostulo, jonka vuoksi kamera voidaan kytkeä suoraan tietokoneeseen. XCL-X700-kamera kaappaa hyvin mustavalkokuvia. Nämä kamerat soveltuvat erinomaisesti suurien alueiden kuvaamiseen. /14./ XCL-X700 ja XCL-U1000-kameroiden tekniset ominaisuudet on koottu taulukkoon 7.5.

Taulukko 7.5 XCL-X700 ja XCL-U1000-kameroiden ominaisuuksia /14/.

| XCL-X700 | | XCL-U1000 | |
|---------------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Ominaisuus | Yksikkö | Ominaisuus | Yksikkö |
| Resoluutio | 1034 x 779 pikseliä | Resoluutio | 1628 x 1236 pikseliä |
| Mittausnopeus | 30 kehystä/s täydellä resoluutiolla | Mittausnopeus | 15 kehystä/s täydellä resoluutiolla |
| Kuvaelementti | 1/3 CCD Pikselikoko 4,65 x 4,65 µm | Kuvaelementti | 1/1,8 CCD Pikselikoko 7 x 7 µm |
| Herkkyys | 5...400 lux | Herkkyys | 5...400 lux |
| Syöttöjännite | 12 V DC | Syöttöjännite | 12 V DC |

7.1.6 DVT

DVT Legend 554 –kamera (kuva 7.7) on valmistettu tarkkailemaan esimerkiksi nopeassa vauhdissa olevaa tuotetta tai kappaletta. DVT Legend erikoisuutena on, että se pystyy suuren resoluutionsa johdosta löytämään mikroskooppisen pieniä reikiä ja naarmuja. /4/



Kuva 7.7 DVT –koneäkökamera /4/

Taulukossa 7.6 on esitetty taulukoituna DVT Legend 554-kameran tärkeimmät tekniset ominaisuudet.

Taulukko 7.6 DVT Legend 554- kameran ominaisuuksia /4/

| Ominaisuus | Yksikkö |
|---------------|---|
| Resoluutio | 1280x1024 pikseliä |
| Kuvaelementti | ½” CCD Pikselikoko 4,65 x 4,65 µm Valotusaika 10µs...1s |
| Liitynnät | 8 digitaalituloa 24 V DC 8 digitaalilähtöä 24 V DC |
| Syöttöjännite | 24 V DC, 300mA |

7.1.7 Impact DSL 5000 ja DSL 8200

Impact-konenäkökamera on huippuunsa kehittynyt korkeanopeuksinen digitaalinen näkökamera. Nopean prosessorin ansiosta Impact-kameran tarkastustehokkuus on suuri (kuva 7.8). Suuren muistinsa ansiosta Impact on myös todella tehokas tiedon kerääjä. Lisäksi Impactin ohjelmistoa on helppo käyttää ja se on käyttäjäystävällinen. /6/



Kuva 7.8 Impact DSL –konenäkökamera /6/

Taulukossa 7.7 on esitetty Impact DSL 5000 ja DSL 8200-kameroiden ominaisuuksia.

Taulukko 7.7 Impact DSL 5000 ja DSL 8200-kameroiden ominaisuuksia /6/

| DSL 5000 | | DSL 8200 | |
|---------------|---------------------------------------|---------------|--|
| Ominaisuus | Yksikkö | Ominaisuus | Yksikkö |
| Mittausnopeus | 40 ikkunaa/s, 640x480 resoluutiolla | Mittausnopeus | 22 ikkunaa/s, 1280x1024 resoluutiolla ja 86 ikkunaa/s, 640x480 resoluutiolla |
| Proessori | 1600 MIPS | Proessori | 1600 MIPS |
| Liittynät | 7 digitaalituloa 8 digitaalilähtöä | Liittynät | 7 digitaalituloa 8 digitaalilähtöä |
| Ohjelmamuisti | FLASH 128M bittia RAM 128M bittia | Ohjelmamuisti | FLASH 128kx16 bittia RAM 64kx16 bittia |
| Syöttöjännite | 24 V DC | Syöttöjännite | 24 V DC |

7.2 Kameroiden vertailu

7.2.1 Painoarvotaulukko

Painoarvotaulukkoa käytettäessä vertailussa selvitetään kunkin ominaisuuden tärkeys. Tässä työssä työn tilaajan vaatimus oli, että kameran täytyisi nähdä viilumaton koko leveys (2900 mm). Tärkeysaste kirjoitetaan taulukkoon numeroilla. Tärkeysasteen määrittäminen auttaa keskittymään tärkeisiin ominaisuuksiin.

Tarkasteltavat vaatimukset ja tavoitteet eroavat usein toisistaan huomattavasti. Toiset ominaisuudet ovat lopputuloksen kannalta hyvinkin tärkeitä ja toiset vähemmän merkityksellisiä. Vaatimusten ja valintakriteerien tärkeyttä ja painoarvoa tulee arvioida ja tehdyn painotuksen perusteella valintakriteerit arvostellaan pisteyttämällä.

Pistesumma ei aina varmuudella ilmoita vaihtoehtojen paremmuusjärjestystä. Pistelaskumenetelmä ei usein ota huomioon huonoja ominaisuuksia riittävän voimakkaasti. Yksikin huono ominaisuus saattaa aiheuttaa vaihtoehdon hylkäämisen. Ongelmana usein on myös, että arvosteluperusteina on kohtia, joita on vaikea arvostella pisteillä. /7,16/

7.2.2 Kameroiden ominaisuuksien vertailu

Kameroiden vertailun apuna on sovellettu Ulrich ja Eppingerin /16/ sekä Tapani Jokisen /7/ teoksissa käytettyä painoarvotaulukkoa.

Kameroiden teknisten ominaisuuksien tärkeys pisteytetään asteikolla 1-5, jossa 5 merkitsee kameran valinnan kannalta tärkeintä ominaisuutta. Pisteytyksessä on pyritty huomioimaan kameran käyttökohde- ja tarkoitus. Pisteytystä ei voida soveltaa esimerkiksi muissa konenäköä tarvitsevilla kohteilla. UPM-Kymmene viilutehtaan viilumaton leikkauksessa kameralta vaaditaan erityisesti riittävää mittausaluetta, tarkkaa kuvaa sekä riittävää mittausnopeutta, joiden tärkeyttä on pisteytyksessä korostettu. Konenäkökameran valinnassa UPM-Kymmene viilutehtaalle on valintakriteerit pisteytetty taulukon 7.8 mukaan.

Taulukko 7.8 Konenäkökameroiden ominaisuuksien tärkeyden määrittäminen

| Ominaisuus | Tärkeys (1-5) |
|---------------|---------------|
| Mittausnopeus | 4 |
| Ohjelmamuisti | 1 |
| Resoluutio | 4 |
| Mittausalue | 5 |
| Kuvaelementti | 3 |

Kameroiden ominaisuudet ja soveltuvuus tarkasteltavaan käyttökohteeseen vaihtelee jonkin verran. Eroavuuksien arvottamiseksi kamerat on pisteytetty teknisten ominaisuuksiensa mukaan asteikolla 1-3 (taulukko 7.9). Kaikista kameroista ei ollut saatavilla yhteneviä lähtötietoja. Tämän vuoksi ominaisuus on pisteytetty 2 arvoiseksi, mikäli tarkasteltavaa tietoa ei ollut käytettävissä.

Taulukko 7.9 Konenäkökameroiden teknisten ominaisuuksien pisteytys

| | Omron F150-SLC20 | Omron F150-A20 | Visi 5000 | Visi 40 | Cohu 1100 | Cohu 2700 | Sony XCL-X700 | Sony XCL-U1000 | DVT 554 | Impact DSL 5000 | Impact DSL 8200 |
|---------------|------------------|----------------|-----------|---------|------------------|------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|
| Mittausnopeus | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 ^(*) | 2 ^(*) | 2 | 1 | 2 ^(*) | 2 | 1 |
| Ohjelmamuisti | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Resoluutio | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| Mittausalue | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Kuvaelementti | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 ^(*) | 2 ^(*) |

^(*) Kyseistä tietoa kamerasta ei käytettävissä taulukkoa laadittaessa.

Kameroiden kokonaispistemäärä saadaan kertomalla taulukossa 7.8 määriteltä ominaisuuden tärkeys taulukon 7.9 mukaisilla kamerakohtaisilla pisteillä. Lopulliset pisteet saadaan laskemalla kameran saamat pisteet yhteen (taulukko 7.10).

Taulukko 7.10 Konenäkökameroiden kokonaispistemäärät

| | Omron F150-SLC20 | Omron F150-A20 | Visi 5000 | Visi 40 | Cohu 1100 | Cohu 2700 | Sony XCL-X700 | Sony XCL-U1000 | DVT 554 | Impact DSL 5000 | Impact DSL 8200 |
|-----------------|------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Mittausnopeus | 4 | 4 | 12 | 12 | 8 | 8 | 8 | 4 | 8 | 8 | 4 |
| Ohjelmamuisti | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Resoluutio | 4 | 4 | 12 | 4 | 4 | 12 | 8 | 12 | 12 | 4 | 12 |
| Mittausalue | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Kuvaelementti | 3 | 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 3 | 9 | 6 | 6 | 6 |
| Yhteensä | 22 | 27 | 43 | 33 | 29 | 37 | 30 | 36 | 37 | 31 | 35 |

Kameran saamat pisteet ilmaisevat soveltuvuutta tarkasteltavaan käyttökohteeseen. Tarkastelussa eniten pisteitä (43) sai Vision Systems Oy:n VISI-5000 konenäkökamera. Muita laatukaaviotarkastelun perusteella käyttökohteeseen mahdollisesti soveltuvia kameroita olivat Cohu 2700 -kamera (37), DVT 554 -kamera (37), Sony XCL -U1000-kamera (36) sekä Impact DSL 8200 -kamera (35).

7.2.3 Herkkyysanalyysi

Painoarvotaulukon lisäksi kameroita voidaan vertailla herkkyysanalyysin avulla. Herkkyysanalyysissä kaikille ominaisuuksille annetaan tärkeysarvoksi 1, jolloin määritetty tärkeysarvo ei vaikuta kameroiden kokonaispistemäärään. Herkkyysanalyysin avulla tarkasteltavista kameroista voi nousta esille malleja, joiden tietyt ominaisuudet ovat muita parempia, mutta ovat jääneet alhaisen tärkeyspisteytyksen perusteella huomioimatta. Herkkyysanalyysin tulokset voivat osaltaan vaikuttaa kameran valintaan. /7./ Taulukossa 7.11 on esitetty kameroista tehdyn herkkyysanalyysin tulokset.

Taulukko 7.11 Herkkyysanalyysi pistemäärät

| | Omron F150-SLC20 | Omron F150-A20 | Visi 5000 | Visi 40 | Cohu 1100 | Cohu 2700 | Sony XCL-X700 | Sony XCL-U1000 | DVT 554 | Impact DSL 5000 | Impact DSL 8200 |
|-----------------|------------------|----------------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Mittausnopeus | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Ohjelmamuisti | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| Resoluutio | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| Mittausalue | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Kuvaelementti | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Yhteensä | 6 | 7 | 13 | 9 | 8 | 10 | 8 | 10 | 10 | 10 | 11 |

Herkkyysanalyysistä saadut tulokset eivät merkittävästi poikkea painoarvotaulukosta saaduista tuloksista. Herkkyysanalyysin pohjalta voi todeta, että käyttökohteeseen parhaiten soveltuu VISI-5000 -kamera. Myös muut painoarvotaulukosta hyvin pisteitä saaneet kamerat saivat hyvät pistemäärät.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tarkastelun perusteella UPM-Kymmene viilutehtaalle viilukuivauslinjan leikkurille todettiin soveltuvan parhaiten VISI-5000-konenäkökamera. Muun muassa kyseisen kameran resoluutio ja mittausnopeus olivat huomattavasti muita paremmat. Muita käyttökohteeseen soveltuvia kameroita todettiin olevan Cohu 2700 -kamera, DVT 554 -kamera, Sony XCL- U1000 -kamera sekä Impact DSL 8200 -kamera.

Tärkeää on kuitenkin huomioida, että kameroiden ominaisuuksia vertaamalla ei voida yksiselitteisesti määrittää yhtä oikeaa kameramallia. Konenäkökameroissa haluttu mittausalue saadaan säädettyä yleensä kameran optiikkaa muuttamalla. Kameravalmistajat pystyvät yleensä muiltakin osin muokkaamaan konenäkökameroita käyttötarkoitukseen ja kohteeseen sopivaksi.

9 YHTEENVETO

Konenäkökameroiden käyttö on yleistynyt laajalti viime vuosina erilaisissa teollisuuden sovelluskohteissa. Yleistymisen yhtenä syynä voi olla mahdollisuus helpottaa ihmisten työtä esimerkiksi rutiininomaisissa laadunvalvontatöissä. Konenäkökamerat ovat lisäksi nykyään tarkkoja ja niiden avulla voidaan vähentää inhimillisiä virheitä.

Työn tavoitteena oli tutkia ja löytää UPM-Kymmene Wood Oy:n Keuruun viilutehtaalle viiluleikkurille sopivin konenäkökamera. Konenäön tulee pystyä havaitsemaan viilumatosta virheet ja reiät. Virheen havaittuaan konenäön tulee antaa käsky leikkurille, jonka perusteella uusi leikkauskohta säädetään. Säädön tarkoituksena on saada viilumatosta maksimaalinen hyöty.

Työssä on tarkasteltu 11:tä eri kameramallia. Tarkasteltavien konenäkökameroiden soveltuvuustarkastelussa on hyödynnetty kirjallisuudesta löydettyä painoarvotaulukko mallia. Painoarvotaulukon tuloksia on lisäksi tarkasteltu herkkyysanalyysin avulla. Kameroiden lähtötiedot eivät olleet kaikilta osin yhtenevät, joten tarkastelussa on jouduttu pisteytystä laadittaessa käyttämään jonkin verran yleistyksiä. Kameran teknisen soveltuvuuden lisäksi kameran valintaan voi osaltaan vaikuttaa myös kameran kustannukset. Työ ei sisältänyt erillistä kustannustarkastelua.

Tarkastelun perusteella haluttuun käyttökohteeseen parhaiten soveltuvammaksi konenäkökameraksi todettiin VISI-5000-kamera. Muun muassa kyseisen kameran resoluutio ja mittausnopeus olivat huomattavasti muita paremmat. Muita käyttökohteeseen soveltuvia kameroita todettiin olevan Cohu 2700 -kamera, DVT 554 -kamera, Sony XCL- U1000 -kamera sekä Impact DSL 8200 -kamera.

Tilaaajan yhtenä vaatimuksena oli mahdollisuus mitata viilun koko leveys. Omron F150-A20 -kamera sisältää valmiiksi kaksi kameraa ja näin toteuttaa valmiiksi mittausalueelle asetetun vaatimuksen. Omron F150-A20 ei muilta osin kuitenkaan osoittautunut muita tarkasteltavia kameroita paremmaksi. Yleensä konenäkökameroissa haluttu mittausalue saadaan muuttamalla kameran optiikkaa, joten tarvittava mittausalue on mahdollista säätää optiikalla muihinkin tarkasteltaviin kameramalleihin. Kameravalmistajat pystyvät yleensä myös muilta osin muokkaamaan konenäkökameroita käyttötarkoitukseen sopivaksi.

LÄHTEET

- 1 Automaatiokerho. 2005. Saatavilla: www.automaatiokerho.fi. [viitattu 20.12.2004].
- 2 Ballard, D. H. Ja Brown, C. M. 1982. Computer vision. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. Sivut 76-77.
- 3 COHU. 2004. Advanced imaging tools for science and industry. Tuote-esite.
- 4 DVT. 2003. Legend 550 Series, Model 554 and 554C SmartImage Sensors. Tuote-esite.
- 5 Gonzalez, R. C. ja Woods, R. E. 1993. Cigital image processing. Addison-Wesley, USA. Sivut 25-68, 166-213.
- 6 Impact. 2003. Machine Vision Micro-System. Tuote-esite.
- 7 Jokinen, T. 1999. Tuotekehitys. Espoo, Otatieto. 200s.
- 8 Konenäkömenetelmien teoriaa. 2005. Saatavilla: <http://www.it.lut.fi/project/52105/thesishtml/node10.html> [viitattu 12.3.2005].
- 9 Koponen, H. 1998. Puulevytuotanto. Helsinki, Opetushallitus. 212 s.
- 10 Lehtonen, A. 1997. Konenäön valaistuksen ja optiikan suunnittelu. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. 101 s.
- 11 Liukkonen, O. 1996. Vaneer and Plywood Manufacture. Part II: Plywood manufacture. Kotka College of Forestry and Wood Technology, luentomoniste. 27 s.
- 12 Omron. 2004. Vision sensor F 150-3, A High Cost-performance Vision Sensor that Can Perform a Variety of Inspections. Tuote-esite. 12. s

- 13 Ryypö, R. 1997. Konenäkö kuormalavan tarkastuksessa ja materiaalinkäsittelyssä. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. 102 s.
- 14 Saarinen, M. 1999. Konenäön hyödyntäminen kokoonpanosolussa. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Diplomityö. 118 s.
- 15 SONY. 2004. Digital Camera Module, XCL-U1000, XCL-U1000U, XCL-V500, XCL-X700. Tuote-esite.
- 16 Spotlight. 2004. Cheos Oy:n tiedotuslehti 3/2004.
- 17 Ulrich, K. T. ja Eppinger S. D. 1997. Product design and development, third edition, s. 71-121
- 18 UPM-Kymmene Wood Oy. 2005. Saatavissa: <http://w3.upm-kymmene.com> [viitattu 21.1.2005].
- 19 Viilukuivauslinjan leikkurin käyttöohje, UPM-Kymmene.
- 20 Vision Systems. 2004. VISI 5000 viivakamera. Tuote-esite.
- 21 Vision Systems. 2004. VISI40 Optical Measurement Device, Smart vision sensor for stand-alone industrial applications. Tuote-esite.
- 22 SFS 2290:1970-standardi